

УДК 621.11-32

М. Д. Борисюк, чл.-корр. НАН Украины, Е. Е. Александров, Т. Е. Александрова
Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», г. Харьков,
Украина

ЦИФРОВОЙ СТАБИЛИЗАТОР ЛАЗЕРНОГО ЛУЧА ТАНКОВОГО ПРИЦЕЛА-ДАЛЬНОМЕРА

Исследованы процессы стабилизации лазерного луча танкового прицела-дальномера при использовании цифрового стабилизатора индикаторного типа с цифровыми низкочастотными фильтрами. Предложены алгоритмы стабилизации, реализуемые бортовой цифровой вычислительной машиной и обеспечивающие необходимую точность стабилизации. Показано, что наилучшую помехозащищенность замкнутой системы стабилизации обеспечивает использование цифровых фильтров Баттеруорта и Ланцоша, функционирующих по последовательно-параллельной схеме. Библ. 6, рис. 1.

Ключевые слова: танковый прицел-дальномер, цифровой стабилизатор, низкочастотные цифровые фильтры.

Досліджені процеси стабілізації лазерного променя танкового прицілу-далекоміра при використанні цифрового стабілізатора індикаторного типу з цифровими низькочастотними фільтрами. Запропоновані алгоритми стабілізації, що реалізуються бортовою цифровою обчислювальною машиною і що забезпечують необхідну точність стабілізації. Показано, що найкращу перешкоджахищену замкнутої системи стабілізації забезпечує використання цифрових фільтрів Баттеруорта і Ланцоша, що функціонують за послідовно-паралельною схемою. Бібл. 6, мал. 1.

Ключові слова: танковий приціл-далекомір, цифровий стабілізатор, низькочастотні цифрові фільтри.

Введение

В развитии систем управления огнем современных танков прослеживается тенденция перехода от стабилизаторов лазерного луча прицела-дальномера силового типа, в которых подвижное зеркало прицела механически связано с осью внешней рамки гироскопического датчика угла, к стабилизаторам индикаторного типа, представляющих собой следящую систему автоматического управления с исполнительным электродвигателем, связанным через редуктор с осью подвижного зеркала прицела. Такие стабилизаторы обеспечивают высокую точность стабилизации лазерного луча прицела-дальномера, по которому осуществляется наведение ракет комплекта управляемого вооружения [1].

Целью настоящей работы является выбор структуры и численных значений параметров цифрового стабилизатора лазерного луча танкового прицела-дальномера, обеспечивающего высокую точность и помехозащищенность замкнутой системы стабилизации.

Основная часть

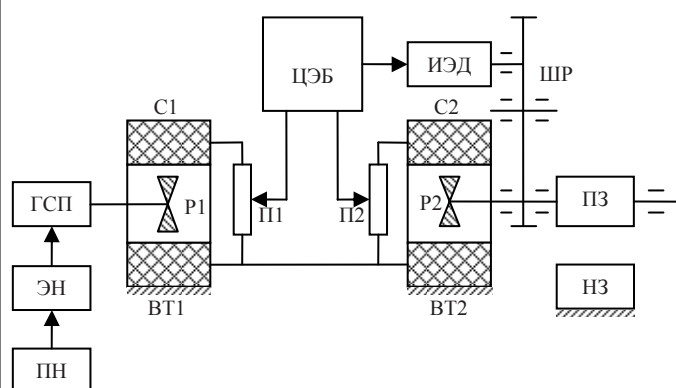


Схема цифрового стабилизатора лазерного луча приведена на рисунке, где приняты следующие обозначения: ПН – пульт наведения; ЭН – электромагнит наведения; ГСП – гидростабилизированная платформа; ВТ1, ВТ2 – вращающиеся трансформаторы; Р1, Р2 – роторы вращающихся трансформаторов; С1, С2 – статоры вращающихся трансформаторов; П1, П2 – потенциометры; ЦЭБ – цифровой электронный блок; ИЭД – исполнительный электродвигатель; ШР – шестеренчатый редуктор; ПЗ, НЗ – соответственно подвижное

и неподвижное зеркала прицела.

При продольно-угловых колебаниях корпуса танка, возникает разность сигналов на выходах ВТ1 и ВТ2, на основе которой ЦЭБ формирует управляющий сигнал $u(t)$, подаваемый на вход ИЭД, ротор которого через ШР связан с осью ПЗ прицела. Поворот корпуса танка на угол $\varphi(t)$ приводит к повороту ПЗ на тот же угол в противоположном направлении, так, что изображение цели на НЗ прицела остается неподвижным.

Простейший цифровой ПД-стабилизатор [2] не в состоянии обеспечить качественную помехозащищенность замкнутой системе при наличии замкнутости выходного сигнала ВТ1 вследствие высокочастотных предсиссионных и нутационных колебаний рамок ГСП. Для повышения помехозащищенности в ЦЭБ реализуются цифровые низкочастотные фильтры Баттеруорта и Ланцоша. При параллельном функционировании указанных фильтров дискретная передаточная функция ЦЭБ записывается в виде [3, 4]

$$W_C(z) = k_\varphi W_\delta(z) + k_\varphi W_\lambda(z), \quad (1)$$

а при последовательно-параллельном функционировании в виде

$$W_C(z) = k_\varphi W_\delta(z) [1 + k_\varphi W_\lambda(z)] \quad (2)$$

В соотношениях (1) и (2) через $W_\delta(z)$ и $W_\lambda(z)$ обозначены дискретные передаточные функции фильтров Баттеруорта и Ланцоша соответственно.

Например, при использовании в ЦЭБ фильтров второго порядка эти передаточные функции равны [5, 6]:

$$W_\delta(z) = \frac{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}; \quad W_\lambda(z) = c_0 + c_1 z^{-1} - c_1 z^{-3} - c_0 z^{-4}.$$

Сравнение АЧХ и ФЧХ цифровых стабилизаторов (1) и (2) показывает, что подавление высокочастотных помех стабилизатором (2) значительно эффективнее, чем стабилизатором (1). Это объясняется тем, что в стабилизаторе (2) на вход дифференцирующего фильтра Ланцоша подается выходной сигнал фильтра Баттеруорта, практически не содержащий высокочастотных помех.

Выводы

Повышение точности стабилизации лазерного луча танкового прицела-дальномера относительно направления на цель достигается использованием цифровых стабилизаторов индикаторного типа. Необходимый уровень помехозащищенности таких стабилизаторов может быть достигнут использованием специальных алгоритмов, реализующих цифровые низкочастотные фильтры Баттеруорта и Ланцоша при их последовательно-параллельном функционировании.

Список литературы

1. Аблесімов О. К., Александров Є. Є., Александрова І. Є. Автоматичне керування рухомими об'єктами і технологічними процесами. Т.3. Автоматичне керування озброєнням танків. – Харків: НТУ «ХПІ», 2008. – 444 с.
2. Александров Є. Є., Козлов Е. П., Кузнецов Б. І. Автоматичне керування рухомими об'єктами і технологічними процесами. Т.1. Теорія автоматичного керування. – Харків: НТУ «ХПІ», 2002. – 490 с.

3. Александров Е. Е., Александрова Т. Е., Лазаренко А. А. Оценка точности стабилизации поля зрения прицела танковой пушки // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2011. – № 3. – С. 40–44.
4. Александрова Т. Е., Лазаренко А. А., Зейн А. В. Структурно-параметрический синтез цифрового электромеханического стабилизатора поля зрения прибора наблюдения // Електромеханічні та енергозберігаючі системи. – 2012. – № 3. – С. 375–377.
5. Александрова Т. Е., Кононенко В. А., Лазаренко А. А. Сравнительный анализ цифровых ПД-стабилизаторов подвижных объектов с низкочастотными фильтрами Баттеруорта и Ланцоша // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2011. – № 2(25). – С. 148–152.
6. Хемминг Р. В. Цифровые фильтры. – М.: Недра, 1984. – 221 с.

DIGITAL STABILIZER LASER BEAM TANK RANGEFINDER SIGHT

M. D. Borisuk, Ye. Ye. Alexandrov, T. Ye. Alexandrova
National Technical University "Kharkov Polytechnical Institute"

The processes of the stabilization of the laser beam Tank rangefinder sight when using the digital indicator type stabilizer with digital low-pass filter. Algorithms stabilization implemented onboard digital computer, and delivers the accuracy of stabilization. It is shown that the best noise immunity of a closed system stability enables the use of digital filters Butterworth and Lanczos, operating on a series-parallel circuit. Bibl. 6, Fig. 1.

Key words: tank rangefinder sight, digital stabilizer, low-frequency digital filters.

1. Ablesimov O. K., Alexandrov Ye. Ye., Alexandrova I. Ye. Automatic control of moving objects and technological processes. V.3. Automatic control arms tanks. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2008. – 444 p.
2. Alexandrov Ye. Ye., Kozlov E. P., Kuznetsov B. I. Automatic control of moving objects and technological processes. V.1. The theory of automatic control. – Kharkiv: NTU «KhPI», 2002. – 490p.
3. Alexandrov Ye. Ye., Alexandrova T. Ye., Lazarenko A. A. Evaluation of the accuracy of sight stabilization tank gun sight // Артиллерийское и стрелковое вооружение. – 2011. – № 3. – С. 40–44.
4. Alexandrova T. Ye., Lazarenko A. A., Zein A. V. Structural and parametric synthesis of digital electromechanical stabilizer field of view observation // Electromechanichni ta energozberigaiychi sistemi. – 2012. – № 3. – С. 375–377.
5. Alexandrova T. Ye., Kononenko V. A., Lazarenko A. A. Comparative analysis of digital PD-stabilizers moving objects with low-pass filter Butterworth and Lanczos // Radioelectronika, informatika, upravlinnia. – 2011. – № 2(25). – С. 148–152.
6. Hamming R.V. Digital filters. – М.: Nedra, 1984. – 221 p.